



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204286649 U

(45) 授权公告日 2015. 04. 22

(21) 申请号 201420697755. 7

(22) 申请日 2014. 11. 19

(73) 专利权人 衢州学院

地址 324000 浙江省衢州市柯城区九华北大
道 78 号

(72) 发明人 余建平 张玉良 邓小雷 李欣
周兆忠

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公
司 33200

代理人 林怀禹

(51) Int. Cl.

G01L 1/14(2006. 01)

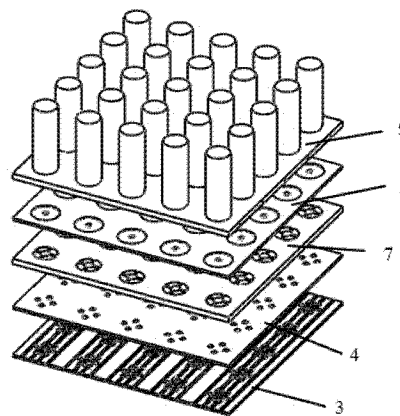
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54) 实用新型名称

一种触手结构的仿生三维电容式触觉传感器

(57) 摘要

本实用新型公开了一种触手结构的仿生三维电容式触觉传感器。它由柔性 PCB 基板,硅橡胶电容式触觉传感单元阵列组合而成;柔性 PCB 基板:包括检测电路导电层和接口电路导电层;硅橡胶电容式触觉传感单元阵列:包硅橡胶电容下极板、电介质层和硅橡胶电容上极板;硅橡胶电容下极板的下底面安装在柔性 PCB 基板的接口电路导电层上表面上,硅橡胶电容式触觉传感单元阵列由 $N \times N$ 个结构相同的硅橡胶电容式触觉传感单元组成。采用触手结构的硅橡胶电容式触觉传感单元阵列,能与被测对象的不规则表面完全贴合,实现微弱触觉感知;每个单元均有四个中心对称的电容传感单元,实现 $X-Y-Z$ 三维压力传感,完美实现人工假肢的触觉功能重建。



1. 一种触手结构的仿生三维电容式触觉传感器,其特征在于:该传感器从下至上依次由柔性 PCB 基板 (1),硅橡胶电容式触觉传感单元阵列 (2) 组合而成;其中:

1) 柔性 PCB 基板 (1):从下至上由检测电路导电层 (3) 和接口电路导电层 (4) 组成;检测电路导电层 (3) 上表面有检测电路 (5),接口电路导电层 (4) 上表面有接口电路 (6);

2) 硅橡胶电容式触觉传感单元阵列 (2):从下至上依次由硅橡胶电容下极板 (7)、电介质层 (8) 和硅橡胶电容上极板 (9) 组成;硅橡胶电容下极板 (7) 的下底面安装在柔性 PCB 基板 (1) 的接口电路导电层 (4) 上表面上,硅橡胶电容式触觉传感单元阵列 (2) 由 $N \times N$ 个结构相同的硅橡胶电容式触觉传感单元 (10) 组成。

2. 根据权利要求 1 所述的一种触手结构的仿生三维电容式触觉传感器,其特征在于:所述检测电路导电层 (3) 材料为聚酰亚胺,检测电路 (5) 为 $4 \times N$ 条,每条有 N 检测点。

3. 根据权利要求 1 所述的一种触手结构的仿生三维电容式触觉传感器,其特征在于:所述接口电路导电层 (4) 材料为聚酰亚胺,由 $N \times N$ 个子单元构成,每个子单元由四个圆形的接口电路 (6) 构成,并形成圆环,四个圆形的接口电路 (6) 下表面直接连接检测电路导电层 (3) 的检测电路 (5),两者电气连通。

4. 根据权利要求 1 所述的一种触手结构的仿生三维电容式触觉传感器,其特征在于:所述硅橡胶电容下极板 (7) 采用硅橡胶作为极板基底,上表面具有 $N \times N$ 组均围成圆环的四片电容检测电极 (11),每片均呈 75° 的扇形,四片电容检测电极 (11) 结构上相互并联,电气上相互不连通。

5. 根据权利要求 1 所述的一种触手结构的仿生三维电容式触觉传感器,其特征在于:所述电介质层 (8) 夹在硅橡胶电容下极板 (7) 和硅橡胶电容上极板 (9) 之间,材料为硅橡胶,上表面具有 $N \times N$ 个环形凹槽。

6. 根据权利要求 1 所述的一种触手结构的仿生三维电容式触觉传感器,其特征在于:所述硅橡胶电容上极板 (9) 采用硅橡胶作为极板基底,下表面具有 $N \times N$ 个圆形电容公共电极 (12),硅橡胶电容下极板 (7) 上表面上的 $N \times N$ 组均围成圆环的四片电容检测电极 (11) 与硅橡胶电容上极板 (9) 下表面上的 $N \times N$ 个圆形电容公共电极 (12) 分别构成四个电容传感单元,形成并联回路。

7. 根据权利要求 1 所述的一种触手结构的仿生三维电容式触觉传感器,其特征在于:所述惰性橡胶触手结构 (13) 为 $N \times N$ 个,安装于硅橡胶电容上极板 (9) 的上表面,分别与 $N \times N$ 个圆形电容公共电极 (12) 轴心对称,材料为聚氨酯橡胶,形状为圆柱结构。

8. 根据权利要求 1 ~ 7 中任一权利要求所述的一种触手结构的仿生三维电容式触觉传感器,其特征在于:所述硅橡胶电容下极板 (7) 上的 $4N \times N$ 个电容检测电极 (11)、电介质层 (8) 上的 $N \times N$ 个环形凹槽、硅橡胶电容上极板 (9) 下表面上的 $N \times N$ 个圆形电容公共电极 (12) 和硅橡胶电容上极板 (9) 上表面的 $N \times N$ 个惰性橡胶触手结构 (13) 中的 N 个数相等,且一一对应布置,构成 $N \times N$ 个结构相同的硅橡胶电容式触觉传感单元 (10)。

一种触手结构的仿生三维电容式触觉传感器

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种触觉传感器,尤其是涉及一种触手结构的仿生三维电容式触觉传感器。

背景技术

[0002] 皮肤是人体最大的一个器官,触觉的感知又是皮肤最重要的一项功能。随着医学技术与智能机器人技术的发展,越来越多的截肢患者通过人工假肢重新实现了日常生活的自理,而重塑触觉感知,准确还原触觉信息,是实现人工假肢重建人体运动功能关键的一步。

[0003] 人工假肢的触觉感知是通过触觉敏感元件来识别对象的各种物理信息,因此构建一种类似人体皮肤的触觉敏感元件实现触觉感知的需求就显得尤为重要。近年来,“机器人触觉敏感皮肤”作为一类新型的触觉敏感元件已成为机器人触觉传感技术领域研究一个新的热点。机器人触觉敏感皮肤指的是大面积、带有数据处理能力的柔性微型传感器阵列,可以覆盖在机器人表面,通过传感器感知外部环境。

[0004] 在人工假肢工作过程中,假肢表面需贴合在任意曲面上,机器人触觉敏感皮肤必须设计成柔性结构,同时能够反复的弯曲和拉伸。因此传统的硅片基底因其过高的刚度系数并不适用于机器人触觉敏感皮肤的制造,具有良好柔韧性的多聚合物材料渐渐成为了制造机器人触觉敏感皮肤的主要材料。

发明内容

[0005] 为了解决背景技术中存在的问题,本实用新型的目的在于提供一种触手结构的仿生三维电容式触觉传感器。

[0006] 本实用新型解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0007] 本实用新型的传感器从下至上依次由柔性 PCB 基板,硅橡胶电容式触觉传感单元阵列组合而成;其中:

[0008] 1) 柔性 PCB 基板:从下至上由检测电路导电层和接口电路导电层组成;检测电路导电层上表面有检测电路,接口电路导电层上表面有接口电路;

[0009] 2) 硅橡胶电容式触觉传感单元阵列:从下至上依次由硅橡胶电容下极板,电介质层和硅橡胶电容上极板组成;硅橡胶电容下极板的下底面安装在柔性 PCB 基板的接口电路导电层上表面上,硅橡胶电容式触觉传感单元阵列由 $N \times N$ 个结构相同的硅橡胶电容式触觉传感单元组成。

[0010] 所述检测电路导电层材料为聚酰亚胺,检测电路为 $4 \times N$ 条,每条有 N 检测点。

[0011] 所述接口电路导电层材料为聚酰亚胺,由 $N \times N$ 个子单元构成,每个子单元由四个圆形的接口电路构成,并形成一个圆环,四个圆形的接口电路下表面直接连接检测电路导电层的检测电路,两者电气连通。

[0012] 所述硅橡胶电容下极板采用硅橡胶作为极板基底,上表面具有 $N \times N$ 组均围成圆

环的四片电容检测电极,每片均呈 75° 的扇形,四片电容检测电极结构上相互并联,电气上相互不连通。

[0013] 所述电介质层夹在硅橡胶电容下极板和硅橡胶电容上极板之间,材料为硅橡胶,上表面具有 $N \times N$ 个环形凹槽。

[0014] 所述硅橡胶电容上极板采用硅橡胶作为极板基底,下表面具有 $N \times N$ 个圆形电容公共电极,硅橡胶电容下极板上表面上的 $N \times N$ 组均围成圆环的四片电容检测电极与硅橡胶电容上极板下表面上的 $N \times N$ 个圆形电容公共电极分别构成四个电容传感单元,形成并联回路。

[0015] 所述惰性橡胶触手结构为 $N \times N$ 个,安装于硅橡胶电容上极板的上表面,分别与 $N \times N$ 个圆形电容公共电极轴心对称,材料为聚氨酯橡胶,形状为圆柱结构。

[0016] 所述硅橡胶电容下极板上的 $4N \times N$ 个电容检测电极、电介质层上的 $N \times N$ 个环形凹槽、硅橡胶电容上极板下表面上的 $N \times N$ 个圆形电容公共电极和硅橡胶电容上极板上表面的 $N \times N$ 个惰性橡胶触手结构中的 N 个数相等,且一一对应布置,构成 $N \times N$ 个结构相同的硅橡胶电容式触觉传感单元。

[0017] 本实用新型具有的有益效果是:

[0018] 1) 采用触手结构的硅橡胶电容式触觉传感单元阵列,可以与被测对象的不规则表面完全贴合,更为有效的实现微弱触觉感知,提高测量效率和测量精度。

[0019] 2) 每个硅橡胶电容式触觉传感单元均有四个中心对称的电容传感单元,可以有效实现 X-Y-Z 三维压力传感,除了传统的 Z 向压力外, X-Y 方向的剪切力也可以有效测量,完美实现人工假肢的触觉功能重建。

附图说明

[0020] 图 1 是本实用新型传感器结构示意图。

[0021] 图 2 是本实用新型传感器结构分层图。

[0022] 图 3 是本实用新型柔性 PCB 基板分层图。

[0023] 图 4 是本实用新型检测电路导电层俯视图。

[0024] 图 5 是本实用新型接口电路导电层俯视图。

[0025] 图 6 是本实用新型硅橡胶电容式触觉传感单元阵列分层图。

[0026] 图 7 是本实用新型硅橡胶电容式触觉传感单元结构示意图。

[0027] 图 8 是本实用新型硅橡胶电容式触觉传感单元剖视图。

[0028] 图 9 是本实用新型硅橡胶电容下极板俯视图。

[0029] 图 10 是本实用新型电介质层俯视图。

[0030] 图 11 是本实用新型硅橡胶电容上极板仰视图。

[0031] 图中:1、柔性 PCB 基板,2、硅橡胶电容式触觉传感单元阵列,3、检测电路导电层,4、接口电路导电层,5、检测电路,6、接口电路,7、硅橡胶电容下极板,8、电介质层,9、硅橡胶电容上极板,10、硅橡胶电容式触觉传感单元,11、电容检测电极,12、圆形电容公共电极,13、惰性橡胶触手结构。

具体实施方式

[0032] 下面结合附图和实施例对本实用新型作进一步说明。

[0033] 如图 1 所示,本实用新型的传感器从下至上依次由柔性 PCB 基板 1,硅橡胶电容式触觉传感单元阵列 2 组合而成;其中:

[0034] 如图 2、图 3、图 4、图 5 所示,柔性 PCB 基板 1:从下至上由检测电路导电层 3 和接口电路导电层 4 组成;检测电路导电层 3 上表面电镀加工有检测电路 5,接口电路导电层 4 上表面电镀加工有接口电路 6。

[0035] 如图 2、图 6、图 7 所示,硅橡胶电容式触觉传感单元阵列 2:从下至上依次由硅橡胶电容下极板 7,电介质层 8 和硅橡胶电容上极板 9 组成;硅橡胶电容下极板的下底面安装在柔性 PCB 基板 1 的接口电路导电层 4 上表面上,根据测量要求,硅橡胶电容式触觉传感单元阵列 2 由 $N \times N$ 个结构相同的硅橡胶电容式触觉传感单元 10 组成,本实施例中为 5×5 个硅橡胶电容式触觉传感单元。

[0036] 如图 4 所示,所述检测电路导电层 3 材料为聚酰亚胺,厚度为 $50 \mu\text{m}$,检测电路 5 为 $4 \times N$ 条,每条有 N 个检测点,宽度为 $10 \mu\text{m}$ 。

[0037] 如图 5 所示,所述接口电路导电层 4 材料为聚酰亚胺,厚度为 $50 \mu\text{m}$,由 $N \times N$ 个子单元构成,每个子单元由半径为 $10 \mu\text{m}$,厚度为 $50 \mu\text{m}$ 的四个圆形的接口电路 6 构成,并形成—个半径为 $350 \mu\text{m}$ 的圆环,四个圆形的接口电路 6 下表面直接连接检测电路导电层 3 的检测电路 5,使得两者电气连通。

[0038] 如图 6、图 9 所示,所述硅橡胶电容下极板 7 采用硅橡胶作为极板基底,厚度为 $200 \mu\text{m}$,上表面具有 $N \times N$ 组均围成圆环的四片材料为铜的电容检测电极 11,厚度为 $35 \mu\text{m}$,每片均呈 75° 的扇形,分别表示为 T_1, T_2, T_3 和 T_4 ,围成—个外径为 $500 \mu\text{m}$,内径为 $200 \mu\text{m}$ 的圆环;四片电容检测电极 11 结构上相互并联,电气上相互不连通。

[0039] 如图 6、图 10 所示,所述电介质层 8 夹在硅橡胶电容下极板 7 和硅橡胶电容上极板 9 之间,材料为硅橡胶,厚度为 $40 \mu\text{m}$,上表面加工有 $N \times N$ 个外径为 $600 \mu\text{m}$,内径为 $100 \mu\text{m}$,深度为 $20 \mu\text{m}$ 的环形凹槽。

[0040] 如图 11 所示,所述硅橡胶电容上极板 9 采用硅橡胶作为极板基底,厚度为 $200 \mu\text{m}$,下表面具有 $N \times N$ 个直径为 $500 \mu\text{m}$ 材料为铜的圆形电容公共电极 12,厚度为 $35 \mu\text{m}$,表示为 T_0 ;硅橡胶电容下极板 7 上表面上的 $N \times N$ 组均围成圆环的四片电容检测电极 11 与硅橡胶电容上极板 9 下表面上的 $N \times N$ 个圆形电容公共电极 12 分别构成四个电容传感单元,形成并联回路。

[0041] 如图 1、图 6、图 8 所示,所述惰性橡胶触手结构 13 为 $N \times N$ 个,安装于硅橡胶电容上极板 9 的上表面,分别与 $N \times N$ 个圆形电容公共电极 12 轴心对称,材料为聚氨酯橡胶,形状为直径 $500 \mu\text{m}$,高度为 3mm 的圆柱结构。

[0042] 所述硅橡胶电容下极板 7 上的 $4N \times N$ 个电容检测电极 11、电介质层 8 上的 $N \times N$ 个环形凹槽、硅橡胶电容上极板 9 下表面上的 $N \times N$ 个圆形电容公共电极 12 和硅橡胶电容上极板 9 上表面的 $N \times N$ 个惰性橡胶触手结构 13 中的 N 个数相等,且—一对应布置,构成 $N \times N$ 个结构相同的硅橡胶电容式触觉传感单元 10。

[0043] 本实用新型的工作原理是:

[0044] 每个硅橡胶电容式触觉传感单元 10 都可实现 X-Y-Z 方向的三维压力传感,当 X-Y 方向的剪切力作用于惰性橡胶触手结构 13 时,根据剪切力方向和大小的不同,每个硅橡胶

电容式触觉传感单元 10 的四个电容传感单元电容量发生相应的变化,根据电容量的不同变化可实现 X-Y 方向的剪切力的测量;当 Z 方向的压力作用于惰性橡胶触手结构 13 时,每个硅橡胶电容式触觉传感单元 10 的四个电容传感单元电容量产生相同的变化,根据电容量的平均变化可以实现 Z 方向压力的测量。

[0045] 如图 8、图 9、图 11 所示,若将硅橡胶电容下极板 7 上四片电容检测电极 11 ($T_1 \sim T_4$) 与硅橡胶电容上极板 9 上一片圆形电容公共电极 12 (T_0) 的极板间距分别定义为 g_1, g_2, g_3 和 g_4 。则测量过程中, X 方向的剪切力 F_x 使得 g_1 和 g_3 产生等量的增大, g_2 和 g_4 产生等量的减小; Y 方向的剪切力 F_y 使得 g_1 和 g_2 产生等量的增大, g_3 和 g_4 产生等量的减小; Z 方向的压力 F_z 使得 g_1, g_2, g_3 和 g_4 产生等量的减小。

[0046] 当 F_x, F_y, F_z 同时作用于传感器时, F_x 引起的硅橡胶电容下极板 7 和硅橡胶电容上极板 9 之间极板间距的变化 Δg_x 可表示为:

$$[0047] \quad \Delta g_x = \frac{\Delta g_1 + \Delta g_3}{2} - \frac{\Delta g_2 + \Delta g_4}{2} \quad (1)$$

[0048] 则剪切力 F_x 可表示为:

$$[0049] \quad F_x = k_x \Delta g_x = k_x \left(\frac{\Delta g_1 + \Delta g_3}{2} - \frac{\Delta g_2 + \Delta g_4}{2} \right) \quad (2)$$

[0050] 式中 k_x 表示为 X 方向硅橡胶电容式触觉传感单元 10 的扭转系数。

[0051] F_y 引起的硅橡胶电容下极板 7 和硅橡胶电容上极板 9 之间极板间距的变化 Δg_y 可表示为:

$$[0052] \quad \Delta g_y = \frac{\Delta g_1 + \Delta g_2}{2} - \frac{\Delta g_3 + \Delta g_4}{2} \quad (3)$$

[0053] 则剪切力 F_y 可表示为:

$$[0054] \quad F_y = k_y \Delta g_y = k_y \left(\frac{\Delta g_1 + \Delta g_2}{2} - \frac{\Delta g_3 + \Delta g_4}{2} \right) \quad (4)$$

[0055] 式中 k_y 表示为 Y 方向硅橡胶电容式触觉传感单元 10 的扭转系数。

[0056] F_z 引起的硅橡胶电容下极板 7 和硅橡胶电容上极板 9 之间极板间距的变化 Δg_z 可表示为:

$$[0057] \quad \Delta g_z = \frac{\Delta g_1 + \Delta g_2 + \Delta g_3 + \Delta g_4}{4} \quad (5)$$

[0058] 则剪切力 F_z 可表示为:

$$[0059] \quad F_z = k_z \Delta g_z = k_z \frac{\Delta g_1 + \Delta g_2 + \Delta g_3 + \Delta g_4}{4} \quad (6)$$

[0060] 式中 k_z 表示为 Z 方向硅橡胶电容式触觉传感单元 10 的扭转系数。

[0061] 采用惰性橡胶触手结构 13 的硅橡胶电容式触觉传感单元阵列 2, 可以与被测对象的不规则表面完全贴合, 实现 X-Y-Z 三维压力传感, 有效重建人工假肢的触觉功能, 提高测量效率和测量精度。

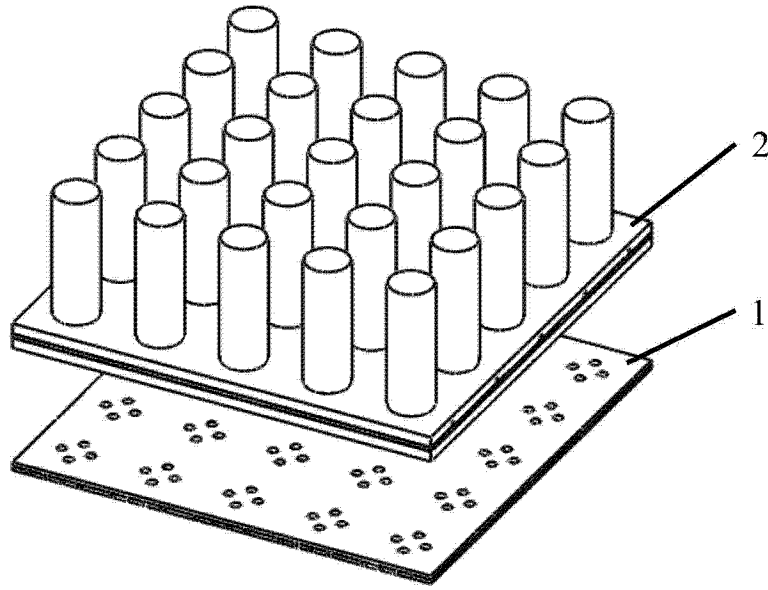


图 1

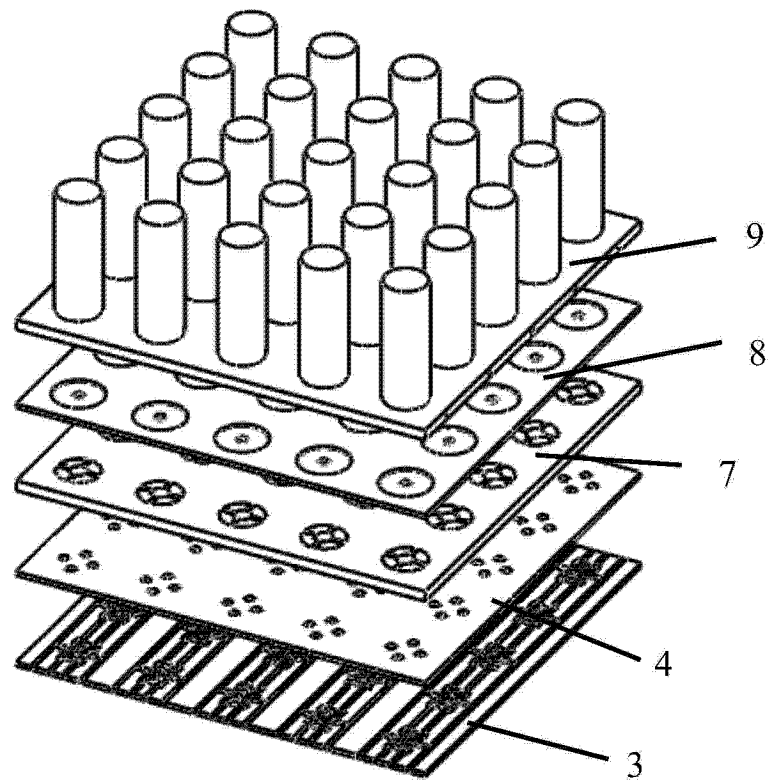


图 2

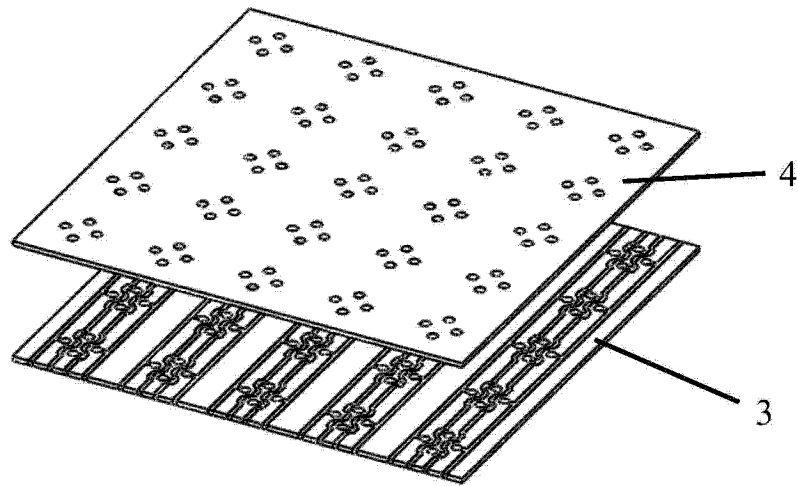


图 3

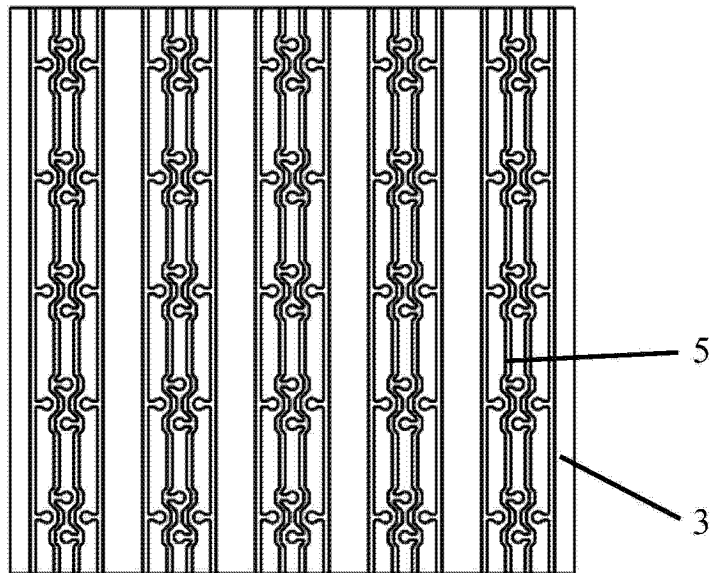


图 4

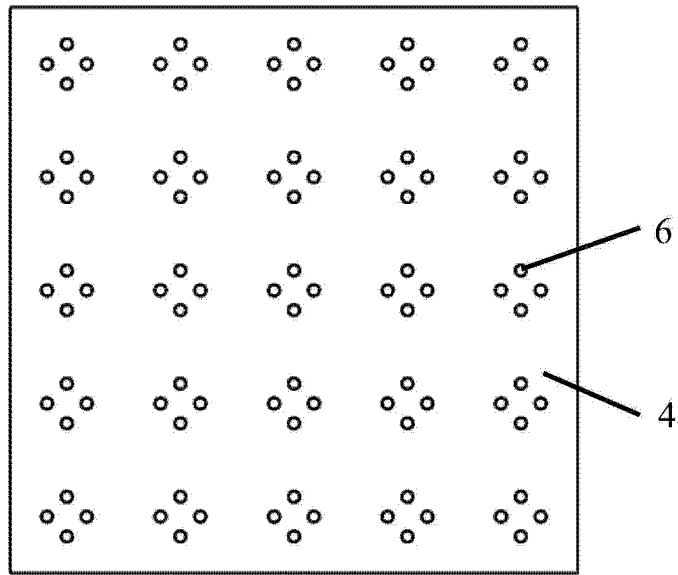


图 5

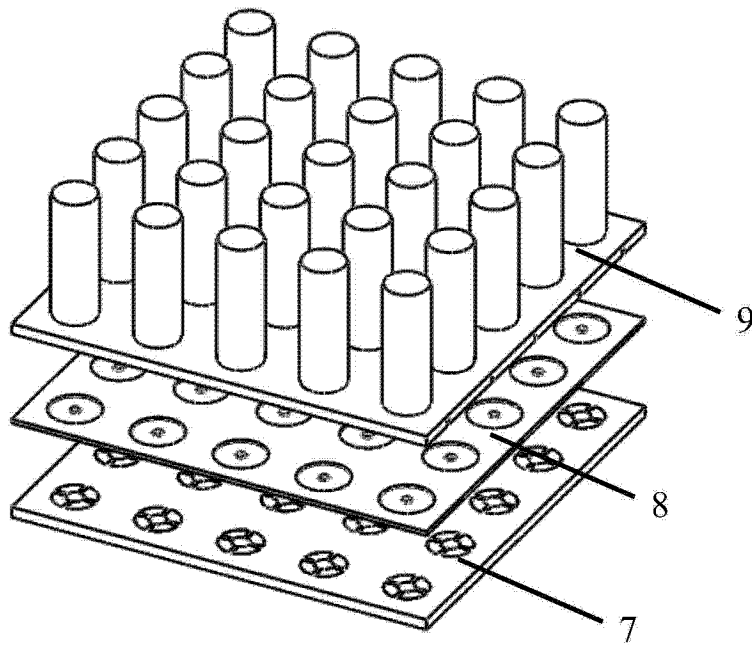


图 6

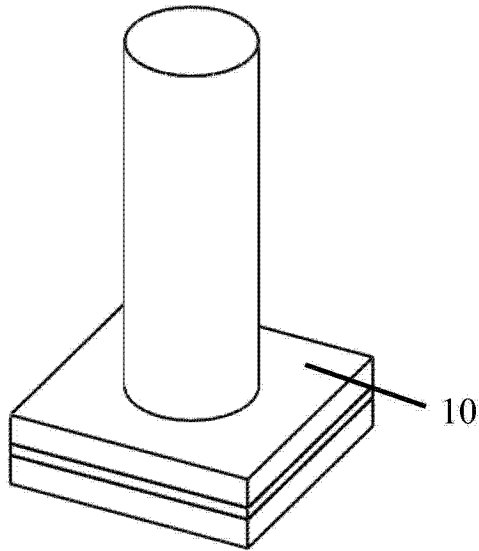


图 7

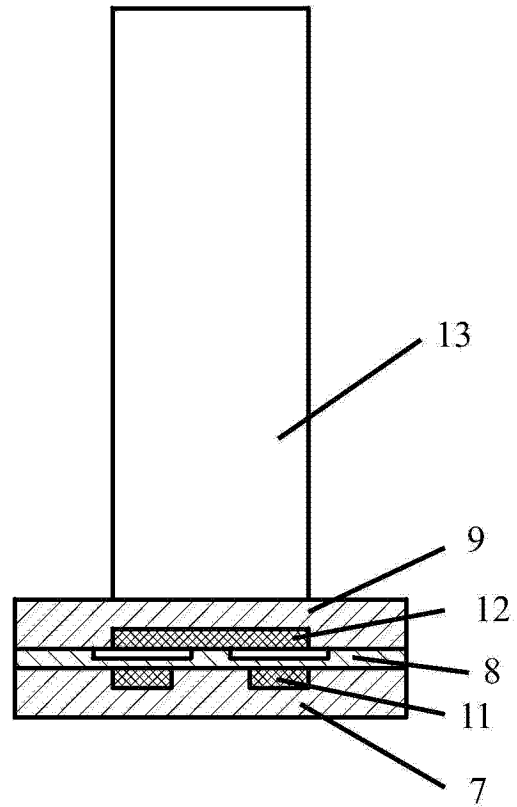


图 8

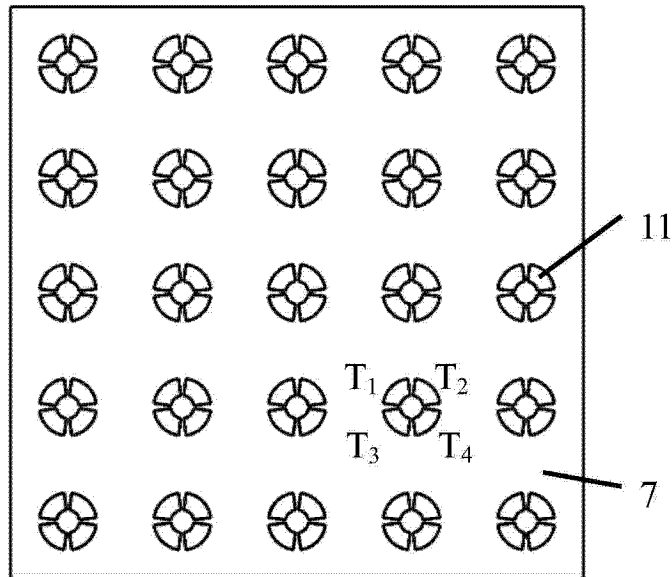


图 9

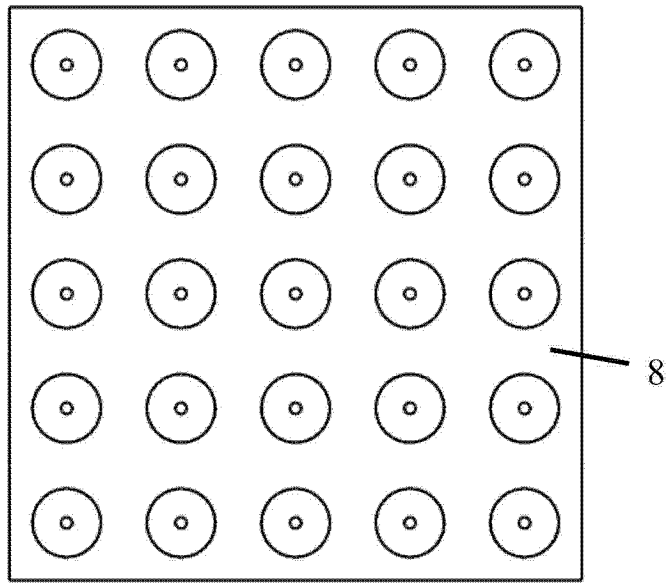


图 10

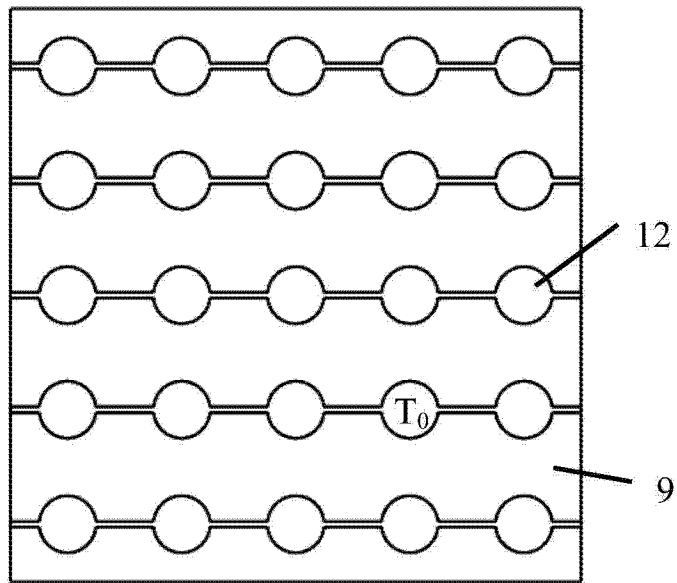


图 11